

가변속 유체토크 컨버터를 이용한 풍력발전 시스템 연구

정경원 \*김동용 \*\*김희규 \*\*\*  
 한국수자원공사\*, 전북대학교\*\*, 전북대학교\*\*\*

A Study of the Wind Turbine System by Variable Speed Hydraulic Torque Converter

Kyong-Won Chong\*, Dong-yong Kim\*\*, Hee-kyu Kim\*\*\*  
 K-water\*, Chonbuk University\*\*, Chonbuk University\*\*\*

**Abstract** - The wind most of the century, the average wind speed in the coast area 6m/s~8m/s operation as a large wind power generators is not enough to produce. But the generator of proposed wind turbine system is connected to Hydraulic torque converter is the actual development of this usage, the low investment and economic effects appear to be much lower there is. In case of the proposed wind turbine system, is possible to make torque transmission long distance, set up generator somewhere in between the tower or the ground as well as, nacelle weight can be greatly down.

1. 서 론

최근 지구환경은 에너지 자원 한계로 인해 급속도로 변화하고 있으며 약 96%을 수입에 의존하고 있어 대체에너지 개발 중요성이 점점 더 강조되고 있다. 그러나 우리나라에 설치되어 있는 풍력발전시스템은 대부분이 외국에서 수입한 풍력발전시스템으로, 고장발생시 외국 기술진이 올 때 까지 원인 파악조차 하지 못해 발전손실에 대체하지 못하는 실정이다.

또한 우리나라 바람의 세기는 바람이 가장 많은 해안가 지역에서도 평균풍속이 6m/s~ 8m/s로 중대형 풍력발전기를 가동하기에는 적합하지 않아 실제 발전이 되어도 이용률이 낮아 투자비에 비해 경제적 효과는 매우 감소되어 나타나고 있다. 따라서 본 논문에서는 우리나라에 평균풍속에 적합한 풍력발전시스템을 개발을 통해 에너지 효율향상과 생산량 증대가 가능하도록 연구하고자 한다.

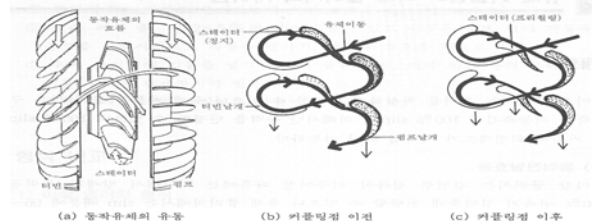
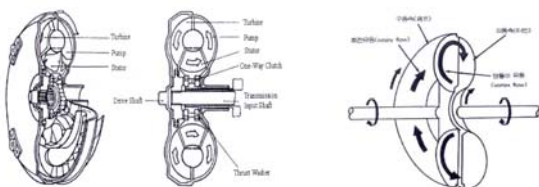
2. 시스템 개요

2.1 가변속 유체토크 변환시스템 개요

2.1.1 토크 컨버터 구조 및 작동원리

본 논문에서 제안하는 유체토크 변환시스템은 기존의 토크 컨버터의 원리를 응용한 것으로 토크 컨버터의 구성은 펌프, 터빈, 스테이터로 구성되어 있으며 입력축에 펌프, 출력축에 터빈이 설치되어 있고 별도의 안내깃으로 고정되어 있다. 입력축이 회전하면 펌프로 송출된 작동유가 터빈을 지나 출력축을 회전시키고 안내깃을 지나 펌프로 복귀하게되고 이때 안내깃은 토크를 받아 일정량만큼 입력축과 출력축의 토크차가 발생된다.

토크 컨버터는 자동차등의 동력장치에 많이 활용되고 있으며 엔진의 회전속도가 낮을때는 전달하지 않고 회전속도가 높아지면 동력이 전달된다. 엔진속도가 높아지면 토크 변화가 이루어져 무단계로 자동변속이 되고 토크변환은 2~3배까지 가능하다. 펌프가 회전하기 시작하는 순간에는 터빈은 정지해 있는 상태이며 유체 유동의 방향의 변화가 크고 토크비가 높다. 터빈으로 밀려들어가간 유체는 스테이터를 거치면서 방향을 바꾸어 다시 펌프로 유입되는 순환류를 형성한다. 펌프의 회전수의 증가 및 유동 유입에 따라 터빈이 회전하고 점차적으로 유체 유동방향의 변화가 적게된다. 따라서 토크비는 감소하게 된다.



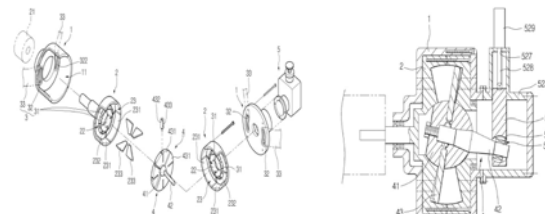
<그림 1> 토크컨버터 구조 및 유체의 유동

2.1.2 가변속 유체토크 컨버터 구조 및 작동원리

가변속 유체토크 컨버터는 종래의 유체기계를 개량한 것으로서, 유체기계를 가동시켜 펌핑을 수행하는 과정에서 경사 회전체의 각도를 변경시켜 펌핑 유량을 용이하게 가변시킬 수 있으며 또한 경사 회전체의 각도를 변경시켜 유체의 이송 방향을 전환시킬 수 있고 펌핑을 수행하는 과정에서 경사 회전체의 각도를 수평으로 변경시킴으로서 펌핑 중에 유체의 이동을 신속히 정지시킬 수 있다.

가변속 유체토크 컨버터 구성은 가변용량 유압펌프와 유압모터를 서로 연결하여 구성되어 있으며 1차측 가변용량 펌프와 2차측 가변용량 펌프 사이에 유체가 흐르도록 관으로 연결하고 펌프내의 로터 기어임 각을 조정, 유량을 조절하며 유체의 압력이 로터를 회전시키고 변속조정부의 토크제어장치로 2차측 가변용량 펌프의 토크를 제어 회전수를 조정시킨다. 즉 연동 회전체(4)의 각도를 변화시킴으로서 연동 회전체(4)에 구비된 회전판(43)의 경사 각도를 조정함으로써, 각 펌핑실의 양측 체적의 변화량을 조절할 수 있는 것이다. 그러므로 펌핑실(231)의 펌핑 유량이 가변됨으로서 유체기계의 작동되는 과정은 물론 정지 중에도 펌핑 유량을 용이하게 조절할 수 있다. 또한 펌핑작동을 수행하는 과정에서 각도 변경수단(5)의 동작을 통해 연동 회전체(4)의 각도를 역방향의 각도로 변경시키게 되면, 펌핑 상태의 유체의 방향을 반대방향으로 전환 할 수 있는 것이다.

펌핑을 수행하는 회전판이 구비된 경사 회전체의 각도를 용이하게 변경시켜 장치의 작동중은 물론 정지시에도 펌핑 유량을 용이하게 가변시킬 수 있도록 하는 유량 조절이 가능하며 경사 회전체의 각도를 변경시켜 유체의 이송 방향을 가변시킬 수 있도록 함으로서, 유체를 양 방향으로 이동시키는 양 방향식 유체를 제공하는 효과 및 펌핑 중에 유체의 이동을 신속히 정지시킴으로서 안정된 유체의 차단이 가능하게 하는 효과도 있다.



- 1 : 본체, 11 : 작동공간, 2 : 수평 회전체, 21 : 구동수단, 22 : 구홈, 23 : 펌핑공간, 231 : 펌핑실, 232 : 원뿔 경사면, 233 : 회전판, 3 : 유체 이동수단, 31 : 통과홀, 32 : 원호장홀, 33 : 유체관, 4 : 연동 회전체, 41 : 구체, 42 : 축, 43 : 회전판, 431 : 격판, 432 : 회전 연결축, 433 : 홈부, 44 : 구체, 441 : 수평 관통홀, 45 : 축, 451 : 베어링, 46 : 힌지축, 5 : 각도 변경수단, 51 : 지지대, 511 : 베어링 브라켓, 52 : 승강수단, 521 : 승강 브라켓, 522 : 탭홀, 523 : 고정 하우징, 524 : 승강 나선축, 525 : 랜들, 526 : 모터, 527 : 관통홀, 528 : 승강축, 529 : 액츄에이터

<그림 2> 유압펌프 및 모터 구조



〈그림 3〉 유압펌프 하우징 및 유압모터 사진

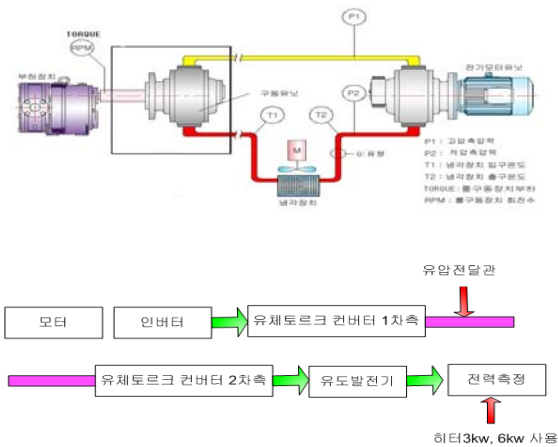
## 2.2 가변속 유체토크 컨버터 특징

- 가변속 유체 토크 컨버터의 특징은 다음과 같다.
- 유체토크 컨버터는 1차속 가변용량 유압펌프와 2차속 가변용량 유압펌프로 구성된 무단변속기이다.
- 가변용량 유압펌프는 로터 기울임 각을 조정함으로써 유량을 조절할 수 있다.
- 가변용량 유압펌프는 가동 중 유량의 가, 감 조정뿐 아니라 Zero유량 및 흡입, 토출의 전환도 가능하다.
- 유량의 가감 조정으로 기어박스 없이 출력 측의 폭넓은 범위의 속도 조정이 가능하다.
- 유체의 압력이 로터를 직접 회전시키므로 토크 변환 손실을 줄일 수 있다.
- 변속조정부에 토크 제어장치를 부착함으로써 정토크 제어가 가능하다.
- 저속에서 부터 고속회전까지 사용범위가 타 메카니즘 보다 넓다.
- 회전 속도 및 토크 제어가 간편하다.
- 기계적 토크전달 방식보다 장거리 토크전달에 유리하다.

## 3. 가변속유체토크 컨버터를 이용한 풍력발전시험

### 3.1 가변속유체토크 효율 및 풍력발전시험

- 시험용량 및 개요  
가변속 유체토크 20kW 부하 풍력발전 부하시험
- 시험방법  
풍력발전기의 블레이드 역할을 하는 모터속도를 인버터를 활용 주파수를 가변하여 속도를 변환하여 공급하고, 가변속 유체토크를 통해 발전기 1차속에 일정속도로 변환하여 공급, 발전기 2차속에 히터부하를 연결하여 실제 발전량 측정



〈그림 4〉가변속유체토크 컨버터 발전시험도

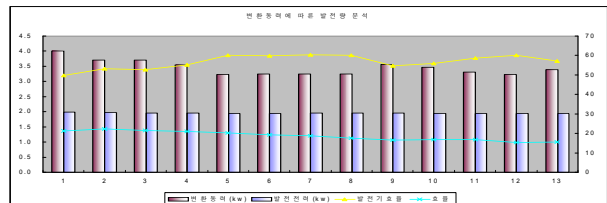
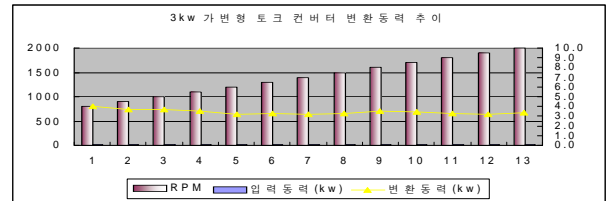


〈그림 5〉 가변속유체토크 컨버터 발전시험 사진

### 3.2 시험결과 분석

가변속 유체토크 컨버터를 이용. 입력측 동력 및 속도를 변환하여 발전기의 출력을 측정한 결과 가변속 유체토크 컨버터 효율은 부하 3kW 시에는 26%~43%, 실제 생산전력 효율은 15%~22%, 부하 6kW 시에는 가변속 유체토크 컨버터 효율 36%~45%, 실제 생산전력 효율은 2

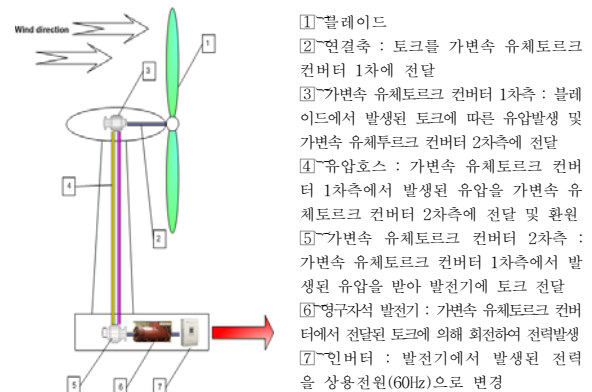
5%~33%로 일반적인 풍력발전 모델과 같이 대용량의 풍력발전기 효율이 좋은 것으로 확인이 되었다. 그러나 발전기 효율이 통상적인 발전효율이 85% 것에 반해 실제 부하시험에서는 50%~72%로 시험set에 의한 손실에(축 대신에 벨트사용에 따른) 따라 효율 변동이 심하였다.



〈그림 6〉 풍력발전시험 결과

## 4. 가변속유체토크 컨버터를 이용한 풍력발전시스템 제안

본 논문에서 제안하는 가변속 유체토크 컨버터를 적용하는 풍력발전기는 기존 풍력발전기에 설치하는 증속기어박스가 불필요하며 상부 날셀에는 블레이드, 가변속 유체토크 컨버터 1차가 부착이 되고 지상 하부에는 가변속 유체토크 컨버터 2차속, 영구자속 발전기, 발전기에서 생산되는 전기를 상용전기로 변경시켜주는 인버터 등으로 구성하며 제안하는 시스템은 그림과 같다.



〈그림 7〉 가변속 유체토크 컨버터 적용 풍력발전기 모델링

## 5. 결론

풍력발전기 전력생산량은 체적당 바람속도( $v^3$ )로 결정이 되며 기존의 풍력발전은 기동풍속에 미치지 못하면 발전이 되지 않고 정격속도에 이르러 정격발전이 가능하나 제안된 가변속 유체토크 컨버터는 유압조정을 통해 증속하여 발전함으로써 적은 바람에서도 발전이 가능하므로(기동풍속이 낮아짐) 결국은 전체 풍력발전 생산량을 높일 수 있다. 또한 제안된 풍력발전기는 지상에 발전기 및 인버터가 설치되어 있어 점검 및 정비가 상시 가능하고 관리의 편의성 향상으로 유지보수 비용이 절감되고 최초 설치비용(투자비용)의 감소로 인한 투자회수기간이 줄어든다.

향후 연구계획은 시스템에 적합한 블레이드 및 제품 경량화를 위한 날셀, 하중에 맞는 타워 설계, 가변속 유체토크 컨버터 1, 2차속 유압배관의 구성방식 연구 및 시험제작을 통하여 제품 상용화를 위한 정확한 발전량 측정, 장시간 운전특성 분석을 시행할 예정이다.

## [참고 문헌]

- [1] 우시아마 원저, 풍력공학입문, 문운당, 2006. 3.
- [2] (주)필텍 나필찬, 고정배인 유압모터, 특허청, 2007. 8.
- [3] (주)필텍 나필찬, 유량가변형 압축식 유체기계, 특허청, 2007. 8.
- [4] DNVRNL, " Guideline for design of wind turbines", 2002.